

- 5.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К., 1999. – 32 с.
- 6.СНиП II -12-77. Защита от шума. Нормы проектирования.
- 7.Алексеев С.В., Хаймович М.А., Кадыскина Е.Н., Суворов Г.А. Производственный шум. – Л.: Медицина, 1991. – 185 с.
- 8.Андреева-Галанина Е.П., Алексеев С.В., Кадыкин А.В., Суворов Г.А. Шум и шумовая болезнь. – Л., 1972. – 120 с.
- 9.Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення".
- 10.Stein D. Instandhaltung von Kanalisationen. 3. Auflage. Ernst und Sohn: 1988. – 940 s.
- 11.Абракитов В.Э. Аналоговое и квазианалоговое моделирование процессов распространения звука в пространстве для прогнозирования шумового режима на защищаемом объекте. – Харьков: АО ХГПИ, 1997. – 40 с.

*Отримано 11.05.2005*

УДК 614.841.13 : 678

В.М.ЖАРТОВСЬКИЙ, д-р техн. наук,  
О.Д.ГУДОВИЧ, Ю.В.ЦАПКО, кандидати техн. наук, К.І.СОКОЛЕНКО  
*Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, м.Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ**

Наводяться результати визначення токсичності продуктів горіння деревини обробленої вогнезахисною просочувальною композицією ДСА-1 та ДСА-2. Показано, що деревина, оброблена такими композиціями, відноситься до помірно небезпечних матеріалів.

Оброблення деревиною приміщень набуває все більшого значення, особливо громадських споруд і транспорту. Тому згідно з [1] передбачається захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі. У будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості, на шляхах евакуації не дозволяється застосовувати будівельні матеріали з високою пожежною небезпекою. Оброблення засобами вогнезахисту суттєво впливає на поширення полум'я, дозволяє набагато зменшити димоутворювальну здатність та тепловиділення.

Згідно з ГОСТ 12.1.004-91 [2] одним з основних небезпечних факторів пожежі (НФП), що впливають на людей, є токсичні продукти горіння. Під час виникнення пожежі вплив токсичних продуктів горіння може значно випереджувати дію інших НФП (підвищену температуру оточуючого середовища та відкрите полум'я). Тому показник токсичності продуктів горіння увійшов як один з основних показників пожежної безпеки будівельних матеріалів.

Статистичні дослідження [3] свідчать, що понад 70% загальної

кількості загибелі людей на пожежах спричинено отруєнням продуктами горіння. Потенційна небезпека на пожежах зростає у зв'язку з широким застосуванням у різні сфери праці та побуту людей горючих матеріалів. Одним з напрямків підвищення безпеки людей є використання матеріалів, які мають низький рівень показників токсичності продуктів горіння.

Метою даної роботи є проведення досліджень з визначення токсичності продуктів горіння матеріалів, а саме деревини, вогнезахищеної просочувальними композиціями ДСА-1 та ДСА-2.

За способом визначення методи випробувань на токсичність продуктів горіння поділяються на статичні та динамічні методи. У статичних методах випробувань визначення проводяться в основному за двохстадійною схемою: створення продуктів горіння матеріалів, а далі проведення отруювання піддослідних тварин продуктами горіння в експозиційних камерах та оцінка токсичної дії. У динамічних методах випробувань ці процеси проводять одночасно, тобто умови випробувань є більш наближені до реальних, а також більш гнучкі щодо зміни режимів горіння.

В Україні та країнах СНД найбільше розповсюдження отримав метод визначення токсичності продуктів горіння матеріалів, регламентований згідно з ГОСТ 12.1.044-89 [4].

Метод базується на принципі статичної дії продуктів горіння на піддослідних тварин в експозиційній камері. Камера горіння об'ємом  $0,003 \text{ м}^3$  забезпечується електронагрівальною панеллю, яка випромінює тепловий потік на зразок матеріалу. Продукти горіння з камери горіння надходять до експозиційної камери через 15 хвилин від початку теплової дії на зразок, або з моменту досягнення максимальної концентрації в камері горіння  $\text{CO}$  та  $\text{CO}_2$ , де протягом 30 хвилин здійснюється отруювання піддослідних білих мишей. В конструкції установки об'єм експозиційної камери може змінюватися, що дозволяє проводити токсикологічні дослідження за сталою масою зразків і змінним об'ємом експозиційної камери, та навпаки за однаковим об'ємом експозиційної камери і різною масою зразків. Випробування проводяться в одному з двох режимів – термоокиснювального розкладу та полум'яного горіння. Після експозиції установку вентилують протягом 10 хвилин і реєструють кількість загиблих тварин і тварин, які вижили. Надалі продовжують спостереження за останніми протягом 14 діб.

Критерієм вибору режиму основних випробувань має служити найбільша кількість загиблих у порівнювальних групах піддослідних тварин. Залежно від складу матеріалу під час проведення випробувань визначають вихід  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NO}_x$ , альдегідів та інших речовин.

Для оцінки вкладу СО в токсичний ефект вимірюють вміст СОНб – карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин. Отриманий ряд значень залежності летальності від відносної маси матеріалу застосовують для розрахунку показника токсичності  $H_{CL50}$ , г/м<sup>3</sup>. Розрахунок середніх летальних доз і концентрацій проводять за допомогою пробіт-аналізу [4].

У першій частині випробувань застосування піддослідних тварин не проводиться. Замість цього, радіаційному нагріванню і спалюванню піддається лише зразок матеріалу зручного розміру, масою до 5 г. Хімічний склад продуктів горіння в експозиційній камері спостерігається за допомогою постійного аналітичного моніторингу СО<sub>2</sub>, СО, О<sub>2</sub> та інших токсичних газів, присутність яких прогнозується залежно від хімічного складу матеріалу зразка (тобто органічних сполук, галогенідів водню, ціаніду водню тощо). Для визначення сумарної концентрації СО в експозиційній камері застосовуються методи інфрачервоної спектроскопії, для галогенів водню, HCN та О<sub>2</sub> – парамагнітні аналізатори.

Загальний період спостережень у випробуваннях становить 30 хвилин, що відповідає терміну експозиції отруєння піддослідних тварин. Після закінчення перших 15 хвилин лампи нагріву вимикають і димохід, що з'єднує піч і експозиційну камеру, закривають кришкою.

Відомо, що деревину за показником токсичності продуктів горіння згідно з [4] відносять до класу високонебезпечних матеріалів, тобто значення  $H_{CL50}$  становить 31,6 г/м<sup>3</sup> і знаходиться у межах вказаного класу 13-40 г/м<sup>3</sup>. Якщо за порівняльною оцінкою встановлений токсичний ефект відповідає такому ж як і для деревини, за умов однакових значень мас зразків, потенційна токсичність таких матеріалів визначається як „прийнятна”. Токсичність продуктів горіння полімерів згідно з їх вимогами не має бути більш токсичними ніж продукти горіння необробленої деревини. Очевидно, що деревині як еталону притаманна однорідність структури та властивостей, а також вона не є матеріалом з допустимою токсичністю продуктів горіння.

Основні вимоги до еталонних матеріалів (порошку целюлози) [4] полягають в тому, що виділення СО під час горіння зразків має відповідати для: малонебезпечних – не більше 40 мг/г; помірнобезпечних – від 40 до 120 мг/г; високонебезпечних – 120-360 мг/г; надзвичайно-небезпечних – більше 360 мг/г.

У табл.1 наведено значення орієнтовних параметрів токсичності за класифікацією матеріалів згідно [4] із застосуванням шкали небезпеки СО.

Таблица 1 – Класифікація матеріалів за шкалою небезпеки оксиду вуглецю [4]

Клас матеріалів	Межі концентрації CO, мг/м <sup>3</sup>	Значення масового токсикометричного показника $H_{CL50}$ за терміном експозиції, г/м <sup>3</sup>		Очікуваний токсичний ефект та вміст НЬСО у крові
		30 хв	60 хв	
Мало-небезпечні	до 400	> 120	> 90	НЬСО = 10-20%, зниження працездатності, головний біль
Помірно небезпечні	400-1200	40-120	30-90	НЬСО = 20-40%, симптоми виразного трітіння, але здатність до самостійного пересування не втрачена
Високонебезпечні	1200-3600	13-40	10-30	НЬСО = 40-90%, нерухомість, загибель
Надзвичайнонебезпечні	> 3600	до 13	до 10	Загибель за більш короткий термін дії

Наведені вище рівні виділення CO „еталонними” матеріалами застосовано для обчислення очікуваних результатів значень  $H_{CL50}$  як за 60-, так і за 30-хвилинною експозицією, враховуючи, що зони гострої дії під час горіння еталонних матеріалів практично однакові для людини за 60- і 30-хвилинної експозиції  $H_{CL50}$  [5].

У тих випадках, коли величина  $H_{CL50}$  з урахуванням стандартної похибки відповідає крайнім значенням показника двох суміжних класів, до уваги приймають додаткові відомості щодо їх токсичності: режим випробувань, дані про хімічний склад продуктів горіння тощо.

Описана класифікація і даний підхід до токсикологічної оцінки продуктів горіння матеріалів стали основою класифікації, яка надана в ГОСТ 12.1.044-89 [4] і застосовується на цей час в Україні і країнах СНД.

Практична значимість показника потенційної токсичності матеріалів в Україні особливо зростає в останні роки у зв'язку з введенням Системи сертифікації матеріалів та виробів у галузі пожежної безпеки та виходом нових Державних будівельних норм, в яких нормується галузь застосування матеріалів.

З огляду на вищенаведене відділом гігієни та токсикології ДП УНДІ медицини транспорту МОЗ України були проведені відповідні токсикологічні випробування дерев'яних елементів моторвагонного складу, що були оброблені просочувальною сумішшю ДСА-1 та ДСА-2.

На першому етапі було проведено санітарно-хімічні випробування в режимі термоокислювальної деструкції (400 °C) та полум'яного

горіння при температурі 750 °С. Як зразок порівняння використовували деревину сосни сухої питомої густиною 0,443 г/см<sup>3</sup>. Зразки кондиціювали згідно з вимогами ГОСТ 1223-66 у лабораторних умовах не менше 48 год. Результати санітарно-хімічних випробувань деревини, вогнезахищеної просочувальними композиціями ДСА-1 і ДСА-2, наведено в табл.2.

Таблица 2 – Міграція компонентів при моделюванні умов горіння деревини

Компонент	Визначені кількості продуктів горіння, мг/г			
	деревина, оброблена ДСА-1		деревина, оброблена ДСА-2	
	400 °С	750 °С	400 °С	750 °С
монооксид вуглецю	122,6	116,9	104,3	96,7
діоксид вуглецю	351,3	422,6	289,4	327
оксиди азоту	0,9	1,8	н.в.	1,3
водень ціаністий	0,06		0,03	н.в.
фенол	0,88	0,17	0,86	0,21
оцтова кислота	6,4	3,6	5,8	1,8
формальдегід	0,07	0,008	0,09	0,13
вуглеводні C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	3,2	2,3	2,2	0,9
бензол	н.в.	3,6	3,7	2,14
бутанол	0,5	н.в.	0,2	н.в.
метанол	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
ацетон	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
акрилонітрил	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
водень хлористий	0,72	3,1	0,64	0,97
акролеїн	0,04	0,2	0,22	0,29
аміак	1,48	0,3		
втрата маси	63,4 %	72,8 %	62,4 %	69,9 %

Як видно з табл.2, при горінні матеріалу у повітрі запальної камери були визначені монооксид та діоксид вуглецю, у концентраціях, що можуть викликати гостре отруєння експериментальних тварин, а також інших у токсикологічно безпечних концентраціях (з позицій гострої токсичності).

На наступному етапі були проведені токсикологічні випробування метою яких є визначення показника токсичності ( $H_{CL50}$ ), який характеризується як відношення кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, продукти згоряння якого викликають загибель 50% піддослідних тварин. Експозиція становила 30±0,5 хв., концентрація кисню у камері перевищувала 18%. При випробуваннях використовували білих мишей вагою 20,0±2,0 г.

У кожному температурному режимі знаходили ряд значень залежності загибелі тварин від відношення маси зразка до об'єму експозиційної камери, який використовували для розрахунку показника ток-

сичності  $H_{CL50}$  за допомогою пробіт-аналізу [6]. Результати представлені в табл.3, 4.

Таблиця 3 – Результати розрахунків  $H_{CL50}$  для деревини, обробленої просочувальною композицією ДСА-1

Навіска, г	Смертність, %	Місце концентрацій	Пробіти	Ваговий коефіцієнт
50,0	0	1,0	3,04	1,0
55,0	20	2,0	4,16	3,7
60,0	50	3,0	5,00	5,0
65,0	80	4,0	5,84	3,9
70,0	100	5,0	6,96	1,0

Таблиця 4 – Результати розрахунків  $H_{CL50}$  для деревини, обробленої просочувальною композицією ДСА-2

Навіска, г	Смертність, %	Місце концентрацій	Пробіти	Ваговий коефіцієнт
65,0	0	1,0	3,04	1,0
70,0	30	2,0	4,48	4,7
75,0	50	3,0	5,00	5,0
80,0	80	4,0	5,84	3,9
85,0	100	5,0	6,96	1,0

Масова доля карбоксигемоглобіну в крові лабораторних тварин визначалась спектрофотометричним методом [7]. Результати токсикологічних випробувань наведено в табл.5.

Таблиця 5 – Результати токсикологічних випробувань деревини, обробленої просочувальною композицією ДСА-1 і ДСА-2

400 °С				750 °С			
ДСА-1		ДСА-2		ДСА-1		ДСА-2	
$H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup>	НЬСО, %	$H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup>	НЬСО, %	$H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup>	НЬСО, %	$H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup>	НЬСО, %
62,5	65,2	73,3	62,8	68,4	62,7	84,2	57,8

Таким чином, у результаті випробувань токсичності продуктів горіння встановлено наступне: рівень карбоксигемоглобіну у крові лабораторних тварин свідчить, що смертельний ефект обумовлений головним чином дією монооксиду вуглецю. Мінімальне значення показника  $H_{CL50}$ , визначене при температурі 400 °С, для деревини, обробленої ДСА-1 і ДСА-2, що складало 62,5 і 73,3 г/м<sup>3</sup> відповідно, було використано для встановлення величини показника токсичності продуктів горіння згідно з класифікацією за ГОСТом 12.1.044. За цим показником досліджені матеріали відносяться до помірно небезпечних матеріалів.

- 1.ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
- 2.ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
- 3.Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник / Под ред. И.Х. Солодяна. Т.1. Измеряемые параметры физических опасных и вредных производственных факторов. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 174 с.
- 4.ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
- 5.Иличкин В.С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. – СПб.: Химия, 1993. – 136 с.
- 6.Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / Под. ред. А.М.Шевченко. – К., 1986.
- 7.Судебно-медицинская экспертиза. – 1979. – № 2. – С.21-25.

*Отримано 11.05.2005*

УДК 628.174 : 614.4

В.П.ОЛЬШАНСКИЙ, д-р физ.-матем. наук, С.В.ОЛЬШАНСКИЙ

*Академия гражданской защиты Украины, г.Харьков*

## **ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДИНАМИКИ СВОБОДНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СТРУИ**

Получены формулы для расчета таких условий истечения свободной гидравлической струи, при которых ее траектория проходит через заданную точку пространства, а частицы жидкости в этой точке имеют заданную скорость движения.

Гидравлические струи используют в пожарном деле, при поливе растений, при мойке улиц, дезактивации специальной техники и др. С целью повышения точности доставки жидкости к месту назначения методом метания изучают баллистику свободных струй. Для описания траекторий используют решения дифференциальных уравнений движения материальной точки [1-3]. При этом решают как задачи анализа, так и задачи синтеза. Наметилось два направления в решении задач синтеза траекторий. Первое связано с применением специальной функции Ламберта и программного компьютерного обеспечения в среде «Maple» [4, 5]. Второе отличается от первого тем, что определение параметров истечения струи сводится к решению трансцендентного уравнения или их системы традиционными методами (итераций, дихотомии и др.) [3]. При этом, ввиду небольшого объема вычислений, часто решение обратной задачи удается получить даже без привлечения компьютера. Итак, решение обратной динамической задачи позволяет повысить эффективность использования гидравлических струй, т.е. имеет важное практическое значение.

До настоящего времени рассматривались в основном задачи геометрического синтеза, где определялись такие условия истечения